

領域非依存の授業設計支援システムの実践活用とその評価

Practical Uses and Evaluation of a Domain Independent Instructional Design Support System

笠井俊信*¹
Toshinobu Kasai

益川弘如*²
Hiroyuki Masukawa

永野和男*³
Kazuo Nagano

溝口理一郎*⁴
Riichiro Mizoguchi

*¹ 岡山大学大学院
Okayama University

*² 静岡大学大学院
Shizuoka University

*³ 聖心女子大学
University of the Sacred Heart

*⁴ 大阪大学産業科学研究所
I.S.I.R., Osaka University

In this study, we have developed a system called FIMA-Light that supports teachers in designing instruction. FIMA-Light facilitates teachers' deep reflection and awareness of some room for improvement of their lesson plans by providing them with decomposition trees that can be regarded as others' opinions and interpretations about their lesson plans. In order to provide such support, we make use of the OMNIBUS ontology, which describes knowledge that is extracted from instructional/learning theories and best practices. FIMA-Light automatically produces the decomposition trees by interpreting lesson plans based on the OMNIBUS ontology. In this paper, we report some results of an experiment carried out for evaluation of the effectiveness of FIMA-Light.

1. はじめに

教師に求められる能力は多岐にわたっており、その中には実際に学校現場で経験を積みあげていくしか向上させられない能力もある。しかし、教員資格を得た新人教師はすぐに学校現場でベテランの教師と同様の役割と責任が生じる。このため、学校現場では様々な状況で教師の職能差による問題が生じている。本研究ではその中で最も重要な問題の1つである授業の質の格差問題に焦点を当てる。授業の質の格差を是正するための方法の1つとして、熟練教師が設計した授業の概要を記述した学習指導案の提供による支援がある。しかし、学習指導案には設計した教師の意図のすべてが記述されるわけではない。また、個々の教師の授業における能力の得手不得手も異なるため、優れた学習指導案の提供が必ずしもよい授業の実施には結びつかない。教師の授業設計を支援するには、教師自身のより適切で深い思考を促すことで、教師の職能を引き出し、引き上げることが重要となる。

教師の深い思考を促すことで授業の質を向上させる1つの方法として、日本で生まれ世界へと広まりつつある授業研究がある[Lewis 1997, Stigler 1999]。授業研究は、教師が授業について議論するグループを形成し、対象となる授業の質の向上を目指すとともに、教師としての職能成長を目指してきた。授業研究での教師間の議論では、対象となる授業を改善するための絶対的な解があるわけではなく、参加する教師たちがさまざまな観点から意見を出し合うことでその授業に対する思考を深めることが主目的となっている。その枠組みとその結果である日本の教師による授業は、世界からも高い評価を受けている。しかし、この授業研究は多忙な教師たちにとって頻繁に行えるわけではなく、職能成長にも時間がかかるため、教育の格差是正のためにはより効率的な支援が求められている。

本研究では、これらの点を踏まえて教授・学習理論と優れた実践知識に基づく授業設計支援システム FIMA-Light を開発してきた[Kasai 2011]。FIMA-Light では、教師が設計した授業からその授業に対する他者の意見や認識に相当する情報を自動生成する。そして、自動生成した情報を教師に提供することで、

授業研究での同僚教師との議論と同様に教師の適切で深い思考が促され、教師自身によるより良い授業へ改善につながることを期待する。このような支援の実現は、多忙な教師が1人でいつでも自由に受けることができ、その意義は高い。

本稿では、我々がこれまで行ってきた FIMA-Light の実践活用を通して明らかになったその効果について詳述する。以下、2. で FIMA-Light が促しを支援する教師の思考について明確にし、3. で本研究で設定した研究仮説について述べる。4. で FIMA-Light の支援機能の概要について述べた後、5. で FIMA-Light の実践活用を通じた有効性について考察するとともに、3. で述べた研究仮説を検証する。

2. FIMA-Light が支援する教師の思考

授業の質は、さまざまな抽象度や観点から評価される。児童・生徒への問いかけの具体的な文言、教科の特性を踏まえた教育内容の捉え方、1年間のカリキュラム全体から見た1授業としての位置づけ、教材・教具の活用方法など多岐にわたる。上述した授業研究においても、教師同士で行われる議論の内容は固定的ではなく、集まった教師のグループ構成によって異なる。例えば、特定の教科を専門とする教師が集まった授業研究では、その教科に特化した教育内容や教材開発の議論が多くなる。その一方、同じ学校の教師が集まった授業研究会では、専門とする教科がそれぞれ異なるため教科に依存した内容ではなく、学校全体の教育方針や特定のクラスや児童に関する議論が多くなる。FIMA-Light の現在のバージョンでは、このような特定の教科や状況に依存しない抽象度で、独立した1授業を対象に支援することを目的とする。具体的には、教科等の領域に依存しない抽象度の教育目標(学習者の目標状態)を達成するための方法を議論の対象とし、その中で教師のより適切で深い思考を促すことを目指す。

ここで、授業設計時に教師がすべき教科等の領域に依存しない思考について考察する。[佐藤 1991]では、他者の授業ビデオを観察する際の熟練教師の思考について調査している。この調査は、新人教師との比較を通して、熟練教師の思考の特徴を領域に依存しないレベルで抽出している。抽出された思考の特徴は、1) 多元的思考、2) 文脈的思考、3) 思考の再構成、の3つである。これらの思考は、授業をイメージする際の熟練教師の思考の特徴であり、授業を具体的にイメージすることが求

められる授業設計時にも同様に必要な思考だと考えることができる。ここで、多元的思考とは教授に関する命題と学習に関する命題を別々にはなく関連付けて考えることであり、文脈的思考とは授業におけるあるタイミングでの事象を独立に捉えるのではなくその前後の事象と関連付けて考えることであり、思考の再構成とは特定の理論や考えに必ずしも固執することなく状況に応じて柔軟に思考が変化していくことである。これら3つの思考の共通点は、特定の視点や考えに捉われることなく状況に応じて様々な観点から考えることが求められる点である。教師にこのような思考を行わせるもっとも簡単な方法の1つは、上述した授業研究のように他者の視点や観点と接することである。本研究では、授業についての他者の認識や意見と同等の情報を自動生成して提示することで、教師の上述した3つの思考を促し教師自身に授業を改善する手段に気付かせることを目的とする。

3. 研究仮説

これまで述べた考察を踏まえて、本研究では以下の仮説を設定した。

1. 授業設計時に教師の多元的思考、文脈思考、思考の再構成を促すことで、1人では気付くことができない問題点や改善点に気付くことができ、結果としてより良い授業の設計につながる。
2. 他者の意見や認識を示すことで、教師の多元的思考、文脈思考、思考の再構成が促される。
3. 授業に関する他者の意見や認識と同等の情報を自動生成することができる。
4. 領域非依存に効果的な授業設計支援が可能である。

我々はこれまでこの4つの仮説に基づいて、教授・学習理論と優れた実践知識に基づく授業設計支援システム FIMA-Light を開発してきた。以降で、FIMA-Light の実践活用を通じた評価に基づいて、上記4つの研究仮説を検証する。

4. FIMA-Light による授業設計支援

本章では、FIMA-Light による授業設計支援の概要について述べる。FIMA-Light の機能の詳細については[Kasai 2011]を参照してほしい。

4.1 OMNIBUS オントロジー

本研究では、授業についての他者の意見・認識と同等の情報を自動生成するために、教授・学習理論と過去の優れた実践から抽出された経験的知識を統一的な枠組みで記述できる OMNIBUS オントロジー[林 2007]を活用する。OMNIBUS オントロジーは、多種多様な教授・学習理論を包括的に整理できる共通基盤として構築された。まず OMNIBUS オントロジーでは、教授・学習プロセスの1場面を教授行為、学習行為、学習者の状態変化という3つの要素を組み合わせた I_L event として定義している。そして、その状態をどのように達成するかを、より粒度の小さい I_L event の系列との分解関係(「方式」と呼ぶ)で記述する。現在、OMNIBUS オントロジーには11の教授・学習理論から100の「方式」が抽出・記述されている。ここで、ほとんどの教授・学習理論は領域に依存しておらず、さらに OMNIBUS オントロジーが提供する行為概念や状態変化の概念も領域非依存であるため、「方式」は領域に依存しない知識となっている。また、この「方式」の枠組みは理論だけではなく実践での経験から抽出して記述することも可能である。実践では教科等の領域に依存した知識も存在するが、現在の FIMA-Light は領域非依存の支援を目指しているため、実践からも領域に依存しない10の「方式」を抽出・記述している。

この「方式」は、学習者の状態変化をキーにして別の方式に接続することで、さらに小さい粒度に分解することができる。この枠組みによって、授業の流れを授業全体の教育目標を表す I_L event をルートとした木構造で表現することができる(「I_L event 分解木」と呼ぶ)。FIMA-Light は、教師が設計した授業から教師の設計意図を110の「方式」に基づいて推論し、関連する I_L event 分解木を自動的に生成する。

4.2 I_L event 分解木の自動生成

設計した授業データを FIMA-Light に入力するために、教師はまず授業をいくつかの教授・学習場面に分割する(FIMA-Light ではこの場面を Step と呼ぶ)。そして、この Step ごとに FIMA-Light が独自に用意する教授・学習活動概念から関連する概念を選択する。これらの活動概念は、我々が教師にとって親しみやすい活動概念を数名の現職教員との議論を通して決定し用意してきたものである。教師が Step ごとに選択する概念は、1つの教授概念と2つの学習活動概念(表層的学習活動概念と深層的学習活動概念)である。ここで表層的学習活動概念とは、「話し合う」や「話を聞く」などの学習指導案として一般的に記述される目に見える学習者の活動概念であり、深層的学習活動概念とは「目標を知る」や「興味を持つ」などの目には見えない学習者の認知的な活動概念である。ここで、教師に深層的な学習活動を選択させる目的は、各 Step での授業全体における深層的な教授意図を教師に意識させるためである。

FIMA-Light では、FIMA-Light の各活動概念に関係する OMNIBUS オントロジーの行為概念を対応付けている。この関係記述を利用して、教師によって選択された教授・学習活動概念を自動的に OMNIBUS オントロジーの行為概念に変換する。そして、以下の流れで I_L event 分解木を生成する。

1. Step ごとに関連する方式とその方式に仮想の上位ノードを含む方式を接続した分解(部分)木の候補の抽出。
2. 授業全体の I_L event 分解木候補集合の生成。
3. 類似度の計算による I_L event 分解木の決定。

本稿ではこれらの処理の詳細については述べない([Kasai 2011]を参照)。FIMA-Light が実際に生成した I_L event 分解木の例を図1に示す。この例では、Gagne の9教授事象や Schwarts の STAR LEGACY モデルなどの理論から抽出された12の方式を含んだ分解木が生成されている。ここで、FIMA-Light によって生成される分解木は、前述したように理論から抽出された領域に依存しない知識に基づいているため、抽象度が高い構造となっている。FIMA-Light で生成される I_L event 分解木は、色分けされた2種類のノードで構成されている。1つは設計された授業に対応する Step がある I_L event を示すノード(例:図中①)であり、もう1つは、設計された授業に対応する Step がない I_L event を示すノード(例:図中②)である。教師はこの2種類のノードによって FIMA-Light の判断を確認することができる。本研究では、教師によるこの確認作業が、授業に対する他者の意見・認識と自身の設計意図を比較するのと同等の役割を果たし、教師の深い内省を促すことを期待する。

5. 実践活用を通じた有効性評価

本研究では、FIMA-Light の有効性を評価するために、4人の教師による FIMA-Light の実践活用を行ってきた。この実践活用では、FIMA-Light の領域独立性も評価するためにさまざまな教科(5教科:国語, 算数, 理科, 社会, 体育)からすでに完成している10本の実際の学習指導案を評価対象とした。実践活用を通じた有効性評価は以下の流れで行われた。

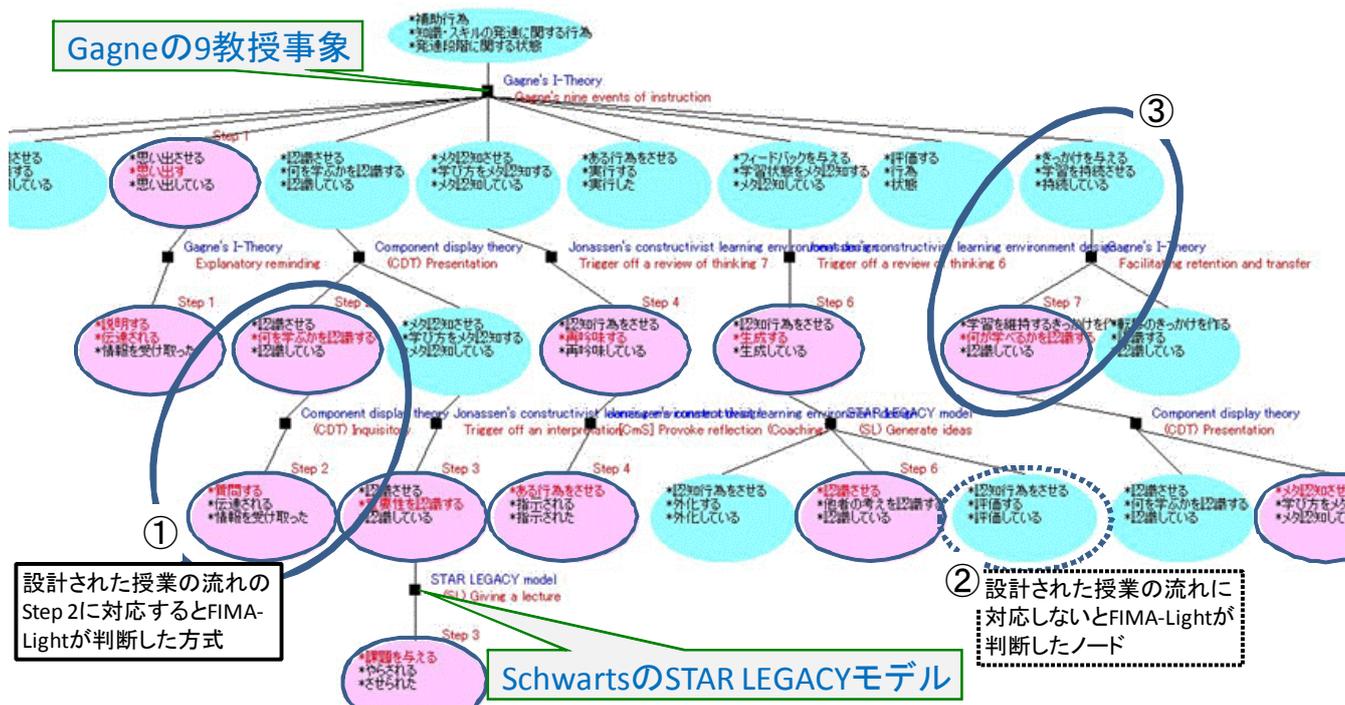


図1 FIMA-Light が生成する I_L event 分解木の例とその構成

1. FIMA-Light への授業データの入力と生成された I_L event 分解木の教師への提示.
2. 提示された I_L event 分解木の適切性と有効性を評価.
3. 教師による学習指導案の修正と教師へのインタビュー.
4. 修正した学習指導案の内容で教師が授業を実践.
5. 教師への事後インタビュー.

まず、1.において教師が FIMA-Light へ授業データを入力する際、現時点では教師が FIMA-Light の操作方法や活動概念の理解が十分でないこともあり、本論文の第 1 著者が適宜助言を行った。そして、その結果出力される I_L event 分解木の適切性(研究仮説 3)と、この分解木提示による授業設計支援としての有効性(研究仮説 1, 4)を評価した。提示された I_L event 分解木を定量的に分析した結果を表 1 に示す。

I_L event 分解木の適切性については、同僚教師による意見や認識と同等な情報を有しているかを評価基準とする。そのため、まず生成された I_L event 分解木が実際の学習指導案とどの程度対応しているかを分析した。その結果、授業の各 Step については、全 Step のうち平均で 85.5%の Step を含んでいると FIMA-Light が判断した I_L event 分解木が生成された。さらに、I_L event 分解木の各ノードについては、総ノードのうち 89.2%のノードが設計した授業と明示的にまたは暗黙的に関連していると、授業を設計した教師が判断した。この結果から、FIMA-Light は教師が設計した授業に対して、本研究の目的に合致した他者の意見や認識と位置づけることができる I_L event 分解木を自動生成できていることを示すことができた。

次に、授業設計支援としての有効性の評価として、4人の教師に I_L event 分解木の各ノードについて、設計した授業の

内容や意図に対する認識の変化につながったかどうかを質問した。その結果、授業設計時は意識していなかった設計意図を明確に意識することにつながったノードが全体の 25.4%存在した。また、教師が学習指導案を改善しようとするきっかけになったノードが全体の 10.0%存在し、1つの学習指導案に対して平均で 2.4 箇所の改善点の発見を促すことができた。これらの評価結果は、4人の教師によるさまざまな領域を対象とした 5教科の学習指導案すべてでほぼ同じであった。このことから、FIMA-Light が対象領域の特性に依存することなく授業設計支援として効果的であることを示すことができた。

ここまで示した FIMA-Light による支援効果について、具体的に教師のどのような思考が促され(研究仮説 2)、実際の授業でどのような改善につながったのかを分析するために、本研究ではさらに上述した 3. 4. 5.の流れで調査を行った。以下でその中の 2つの事例について紹介し、FIMA-Light による効果についてより詳細に考察する。1つ目の事例は、小学校 6年生の社会で「西南戦争」(6/8時)の授業(以下、教師 Aによる授業 A)であり、2つ目は、小学校 5年生の算数で「図形の面積」(5/13時)の授業(以下、教師 Bによる授業 B)であった。図 1は、FIMA-Light が授業 Bについて生成し教師 Bに提示した I_L event 分解木である。教師 Aは、提示された分解木をきっかけに学習指導案を 2箇所修正した。そして、教師 Bは大きく 2箇所を修正し、さらに全体的に細かい修正を行った。このように修正が行われたことは、I_L event 分解木の提示によって教師自身の考えが変化したことを示しており、思考の再構成が促された結果だと言える。以下で、2つの授業で修正された箇所を 1つずつ紹介し、考察する。

表 1 提示された I_L event 分解木の定量的分析結果

	授業の総 Step数	分解木に含まれるStep	総ノード数	関連するノード数(教師判断)	意図の明示化につながったノード	改善点発見につながったノード
提示された 10分解木の平	6.2	5.3 (85.5%)	24.0	21.4 (89.2%)	6.1 (25.4%) 8.5 (35.4%)	2.4 (10.0%)

授業 A の修正の 1 つは、提示された分解木のノード(学習行為:「評価基準を認識する」)をきっかけに、新たにワークシートを用意して児童に記述させるように修正された。教師 A はこの修正を行った理由について、「評価基準を明確に持っていなかったので、児童が相互評価や自己評価ができるようなワークシートを作ってみようと思った。」と述べている。この教師 A の発言から、FIMA-Light の支援によって、児童による表層的な学習活動だけを明確に意識していた教師 A が、このノードによって深層的な目標に気づくことができたのをきっかけに、学習活動と教授活動(児童への指示)や教材(ワークシート)を関連付けて考えた(多元的思考)結果であると言える。また、この修正点についての 5. の授業実践後のインタビューで、教師 A から「このワークシートによって最後の場面への結びつきができ、児童が西郷隆盛の心情を捉えるのに良かった。」という感想が得られた。この感想から、授業の後半への継続性を高める修正だったことが分かる。これは、新たなワークシートの作成という修正が、教師 A がその Step だけではなく最後の Step への影響を考えた(文脈的思考)結果であると言える。

授業 B の修正の 1 つは、図 1 の③で示した 2 つのノード(方式の一部:「学習を持続させる」)のために「何が学べるかを認識する」)をきっかけに、三角形の面積を求める方法を話し合う学習活動から、公式につながるような結論に教師がまとめていくように修正した。この修正の理由について教師 B は、「次の時間とのつながりを考えて何を学ぶかを明確にしたいと思った。」と述べている。このことから FIMA-Light の支援によって、児童による話し合い活動と教育内容・目標、教師の活動を明確に関連付けて考えた(多元的思考)結果であり、次の時間とのつながりを強く意識することができた(文脈的思考)結果であると言える。

最後に 5. において、教師 A, B にこの FIMA-Light の実践活用による授業修正活動全体についての感想を聞いた。教師 A からは、「今回はシステムの指摘を元に教授方法の修正を行った。それも良かったが教授方法の指摘を元に「教育内容」も同時に見つめ直し考え直していくことが大事だと思った。」という感想が得られた。FIMA-Light は、領域非依存の支援を目的としており、「教育内容」の修正までを支援の対象とはしていない。しかし、この感想は FIMA-Light の支援によって多元的な思考が促され、結果として「教育内容」についての改善に気づく可能性を示唆していると考えている。また、教師 B からは、「システムを使って子どもに関心を高めることが改めて大事だと感じた。そのために単元全体にストーリー性を持たせるようにした。子どもにとっても普段よりも意欲的になっていた。」という感想が得られた。実際に教師 B は、FIMA-Light の支援によって単元全体の連続性を高めることの重要性に気づき(文脈的思考)、指導案全体に細かい修正を加えていた。そしてこの修正が、実際の授業においても児童に良い影響をもたらしたことを確認することができた。

社会と算数という異なる 2 教科での授業実践において、FIMA-Light の有効性を具体的に示すことができたことで、より強力に FIMA-Light が領域非依存に授業設計を有効に支援できることを確認することができたと考えている。

6. おわりに

本研究では、教師自身により深い内省を促すことで授業の改善方法に自ら気付かせることを目的とした支援システム FIMA-Light を開発した。FIMA-Light は、OMNIBUS オントロジーに基づいて教師が設計した授業を解釈し、I_L event 分解木を自動的に生成する。この I_L event 分解木は教授・学習のシナリオを学習指導案よりも深く明確に教師の意図を表現することができ

る。I_L event 分解木による教授・学習シナリオ(授業の流れ)の表現の有効性は、本研究での評価だけではなく[Hayashi 2011]でも示されており、教師にこの分解木のモデルに従って思考させることは、授業の質改善と教師の職能成長に有効である。

[Hayashi 2011]で実践活用されている SMARTIES は、OMNIBUS オントロジーに基づいて学習・教授シナリオを I_L event 分解木として設計することを支援するオーサリングシステムである。SMARTIES では、教師は自身の授業の設計意図を深く内省しながらトップダウンに I_L event 分解木を生成していく。SMARTIES は、その支援として教授学習理論や過去の実践から抽出された方式を提案することができる。SMARTIES で設計された I_L event 分解木は教師の深い意図を正確に詳細に表現することが可能であり、このような I_L event 分解木を蓄積することは教師の職能知識の共有・再利用の観点からも高い意義がある。しかし、このアプローチでは、教師が通常明確に意識しない深層レベルで授業設計しなければいけないため、これらの思考が自然にできる熟練教師には有効であるが、初心教師にとっては容易にはできない。

本研究の FIMA-Light は、教師が I_L event 分解木の構造に基づいた思考をより容易にできるように支援していると言える。しかし、現在の FIMA-Light は分解木の提示によって教師自身の深い内省を促し授業改善の方法に気付かせることができて、その修正を学習指導案に戻って行わなければならない。本稿で述べた実践事例でその影響があったかどうかは確認できていないが、I_L event 分解木の表現力をより有効に活用するためには、教師が I_L event 分解木の構造を直接修正できることが望ましい。このような I_L event 分解木の生成・編集は SMARTIES で行うことが可能である。この点を踏まえ、今後は FIMA-Light と SMARTIES を機能的に連携させることで、FIMA-Light で自動生成した分解木を直接操作して修正できるように拡張したいと考えている。

参考文献

- [Lewis 1997] Lewis, C., Tsuchida, I.: Planned educational change in Japan: The shift to student-centered elementary science, *Journal of Educational Policy*, 12(5), pp.313-331
- [Stigler 1999] Stigler, J. W., Hiebert, J.: The teaching gap: Best ideas from the world's teachers for improving education in the classroom, The Free Press
- [Kasai 2011] Kasai T., Nagano K., and Mizoguchi R.: Instructional Design Support System Based on Both Theory and Practice and Its Evaluation, *Proceedings of ICCE2011*, pp.1-8
- [林 2009] 林雄介, Jacqueline Bourdeau, 溝口理一郎: 理論の組織化とその利用への内容指向アプローチ—オントロジー工学による学習・教授理論の組織化と Theory-aware オーサリングシステムの実現—, *人工知能学会論文誌*, 24(5), pp.351-375
- [佐藤 1991] 佐藤学, 岩川直樹, 秋田喜代美: 教師の実践的思考様式に関する研究(1): 熟練教師と初任教師のモニタリングの比較を中心に, *東京大学教育学部紀要*, 第 30 巻, pp.177-198
- [Hayashi 2011] Hayashi Y., Kasai T., and Mizoguchi R.: A Practical Approach toward Deployment of an ID Knowledge-aware Authoring System, *Proceedings of ICCE2011*, pp.101-105